



تحلیل و کنترل ارتعاشات بدن در یک از پروژه‌های صنعتی رفسنجان و تاثیرات آن بر سلامت کارکنان

امین میرزادی گوهری

کارشناس ارشد، مهندسی ایمنی، بهداشت، محیط زیست، موسسه آموزش عالی کرمان، ایران

مرضیه آتش افروز

دانشجو کارشناسی ارشد سلامت در حوادث و بلایا، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی کرمان، ایران

* نویسنده مسئول: امین میرزادی گوهری

چکیده

این مقاله به بررسی اثرات ارتعاشات در محیط‌های صنعتی و تاثیر آن بر سلامت کارگران پرداخته است. ارتعاشات می‌تواند به بروز اختلالات در سیستم‌های اسکلتی، عضلانی، گردش خون و عصبی منجر شود. در این پژوهش، ارتعاش بدن ۲۰ کارگر در یک پروژه صنعتی در رفسنجان با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان ارتعاش در برخی از کارگران از حد مجاز شغلی بیشتر است، که این می‌تواند سلامت آن‌ها را به خطر بیندازد. برای کاهش اثرات منفی ارتعاشات، پیشنهاداتی مانند کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده‌ها، استفاده از عایق‌های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ارتعاش تمام بدن، ارتعاش، حد مواجهه شغلی، اختلالات اسکلتی عضلانی، ارتعاش سنج

مقدمه

ارتعاشات شغلی یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی در محیط‌های صنعتی است که می‌تواند تأثیرات منفی قابل توجهی بر سلامت کارکنان داشته باشد. این ارتعاشات می‌توانند ناشی از تجهیزات سنگین، ماشین‌آلات صنعتی، و وسایل نقلیه سنگین باشند که به‌طور مداوم در محیط کار استفاده می‌شوند. مواجهه طولانی‌مدت با ارتعاشات شغلی می‌تواند منجر به بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی، مشکلات سیستم گردش خون، و اختلالات عصبی گردد {۱} (Griffin, 1990). بررسی‌ها نشان داده‌اند که ارتعاشات تمام بدن و ارتعاشات دست و بازو می‌توانند به تدریج آسیب‌های جدی به سلامت کارکنان وارد کنند، که در صورت عدم مدیریت صحیح، منجر به کاهش کارایی و افزایش غیبت کاری می‌شود {۲} (Bovenzi, 2006).

اثرات ارتعاش بر سلامت انسان به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. طبق گزارش سازمان بین‌المللی کار (ILO)، ارتعاشات شغلی می‌توانند به عوارضی مانند بیماری‌های عروقی، اختلالات عصبی، و آسیب‌های مفصلی منجر شوند (ILO, 1998) {۳}. ارتعاشات تمام بدن می‌تواند باعث کمردرد مزمن، مشکلات ستون فقرات، و خستگی عمومی شود (Pope et al., 1991) {۴}. همچنین، ارتعاشات دست و بازو می‌تواند به بروز سندرم ارتعاش دست-بازو (HAVS) منجر شود که شامل علائمی مانند بی‌حسی، درد، و کاهش قدرت دست است {۵} (Gemne, 1997).

مطالعات محلی نیز نشان داده‌اند که میزان ارتعاشات در برخی از صنایع کشور بالاتر از حد مجاز است. برای مثال، تحقیقاتی که در محیط‌های صنعتی ایران انجام شده، نشان می‌دهد که بسیاری از کارگران به دلیل مواجهه با ارتعاشات بالا، از مشکلات اسکلتی-عضلانی و عصبی رنج می‌برند (Fard et al., 2010). {۶} در این زمینه، شهرستان رفسنجان به عنوان یکی از مناطق صنعتی کشور، با چالش‌های مشابهی روبرو است.

در سال ۱۹۷۴ انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا National Institute for Occupational Safety and Health تخمین زده است که ۸ میلیون نفر در صنایع آمریکا در معرض ارتعاش شغلی می‌باشند که از این تعداد ۶.۸ میلیون نفر در معرض ارتعاش تمام بدن و ۱.۲ میلیون نفر در معرض ارتعاش دست-بازو قرار دارند {۷،۸} ارتعاش دست و بازو نوعی ارتعاش موضعی است که اندام فوقانی را درگیر می‌کند. پیامدهای ناشی از این ارتعاش عروقی - عصبی و اسکلتی عضلانی است و مجموع این علائم نشانگان لرزش دست و بازو نام دارد که به عنوان یک بیماری شغلی در بسیاری از کشورهای پیشرفته شناخته می‌شود. {۹} ارتعاش به عنوان یکی از عوامل زیان آور مهم فیزیکی محیط کار از دیدگاه بهداشت حرفه ای محسوب می‌گردد که در نتیجه بررسی میزان مواجهه شغلی کارگران و ارزیابی اثرات احتمالی آن را دارای اهمیت فراوانی است. قرار گرفتن در معرض ارتعاش دست و بازو در میان کارگران شاغل در محیط‌های صنعتی کشور شایع است و ۱۰٪ از شاغلین کشور در معرض ارتعاش دست و بازو قرار دارند. ارتعاش دست و بازو در طول زمان می‌تواند همراه با ایجاد اختلالات عصبی و عروقی و عضلانی تحت عنوان نشانگان لرزش دست و بازو همراه باشد که صدمات ایجاد شده غیر قابل برگشت و بدون درمان قطعی است. اندازه گیری ارتعاش دست و بازو برای ارزیابی ریسک قرار گرفتن در معرض ارتعاش و تعیین مقدار انتشار آن در ماشین آلات مختلف لازم می‌باشد. {۱۰}.

ارتعاش تمام بدن زمانی اتفاق می‌افتد که انسان روی یک سطح لرزشی قرار گیرد. از جمله مهم ترین نقاط ورود ارتعاش به بدن می‌توان به پاها، نشیمن گاه، کمر و پشت سر اشاره نمود. هنگامی که فردی در محیط کار به حالت ایستاده کار می‌کند، انرژی ارتعاشی از طریق پاها به بدن او وارد می‌شود و هنگامی که کار فرد به صورت نشسته باشد، انرژی ارتعاشی عمدتاً از طریق نشیمن گاه و پاها و در مواردی نیز از طریق پشتی و یا تکیه گاه سر به بدن وارد می‌شود. موقعیت‌هایی نیز وجود دارد که افرادی که حالت دراز کش دارند (مانند فردی که در یک وسیله نقلیه یا در سکوی نفتی در حالت دراز کش خوابیده است) تحت تأثیر ارتعاش تمام بدن قرار می‌گیرند که در این حالت می‌توان فرض کرد که انرژی ارتعاشی از پشت به بدن وارد می‌شود (Mansfield, 2005; 2004 johanning et al. 2006).

در مطالعات اپیدمیولوژیکی اخیر در بین مهندسين لوکوموتیو در آمریکای شمالی مشخص گردیده است که شیوع انواع اختلالات گردن و در وضعیت (Lower back) قسمت تحتانی کمر نشسته بدون مواجهه با ارتعاش نزدیک به دو برابر گروه شاهد می‌باشد. در ارتباط با ارتعاش تمام بدن، بررسی متون شواهدی را مبنی بر تأثیر ارتعاش تمام بدن در افزایش توده استخوانی در سالمندان، در افراد با تراکم استخوانی کم و نوجوانان ارایه می‌دهد. مکانیسمی که ممکن است مسبب این رخدادها باشد، کاهش خون رسانی بافتی است. نوسان در هورمون‌های سیستمیک از طریق تحریک مستقیم مکانیکی رخ می‌دهد. اثرات بالقوه ارتعاش تمام بدن بر روی سیستم‌های فیزیولوژیکی متعدد ممکن است توسط مکانیسم‌های مستقیم یا غیرمستقیم، رخ دهد. در برخی از متون به لومباگو نیز اشاره شده است. {۱۱}.

در مواجهه بدن با ارتعاش یا شوک، یک توزیع پیچیده‌ای از حرکت‌ها یا نیروهای نوسانی در داخل بدن ایجاد می‌شود که می‌تواند سلامتی، فعالیت و راحتی را کاهش دهد و باعث بیماری حرکتی شود (ISO5349-1, 2001). آسیب به سلامتی شامل درد کمر و آسیب به ستون فقرات است که از مواجهه با ارتعاش صندلی بوجود می‌آید، مواجهه با ارتعاش می‌تواند سیستم عصبی مرکزی را مختل نماید و بر سیستم‌های گردش خون و ادرار تأثیر بگذارد (Yue and Mester, 2002, Wakeling et al., 2002).

در واقع حساسیت انسان نسبت به ارتعاش به خواص مختلف آن یعنی دامنه، سرعت شتاب و یا میزان تغییر شتاب بستگی دارد. (Mehta et al., 2000)، در واقع حساسیت انسان نسبت به ارتعاش به خواص مختلف آن یعنی دامنه، سرعت شتاب و یا میزان تغییر شتاب بستگی دارد. (Mehta et al., 2000).

رشد و گسترش فن آوری های نوین به خصوص در صنعت حمل و نقل باعث شده انسان بطور مداوم در مواجهه با ارتعاش بر سلامتی انسان مانند مشکلات اسکلتی عضلانی، درد عصب سیاتیک و عوارض گوارشی و... بررسی شده است {۱۲}.

بر اساس مطالعات انجام شده، وسایل نقلیه یکی از منابع تولید ارتعاش بدن می باشند {۱۴ و ۱۳} و رانندگانی که در طول رانندگی به طور دائم در معرض ارتعاش تمام بدن قرار دارند که این امر می تواند منجر به اختلالات سیستم اسکلتی عضلانی، عصبی مرکزی و گردش خون شود و بیماریهای شغلی از ارتعاش را ایجاد نماید.

بر اساس مطالعاتی در سوئد تماس با ارتعاش تمام بدن حداقل در نیمی از ساعات کار با ضریب شیوع بالای اختلالات اسکلتی عضلانی در بین کارگران همراه است. {۱۵} و در مطالعات دیگر مشخص شده که کمر درد رانندگان با شدت ارتعاش مرتبط است {۱۶ و ۱۷}.

قرار گرفتن طولانی مدت در معرض ارتعاش کل بدن برای سیستم نخاعی مضر است {۱۸}

قرار گرفتن در معرض ارتعاش کل بدن و مواجهه شغلی با ارتعاش کل بدن (WBV) به ویژه برای اپراتورهای تجهیزات سنگین، در دو تا سه دهه گذشته افزایش یافته است زیرا ارتباطی بین قرار گرفتن طولانی مدت در معرض ارتعاش و برخی مشکلات پزشکی ایجاد شده است. اثرات مضر ارتعاش بر بدن انسان شامل کمردرد، انحطاط ستون فقرات، مشکلات دستگاه گوارش، اختلال در عملکرد سیستم عصبی خودمختار، کاهش عملکرد گردش خون و... می باشد. {۱۹}.

بیماریهای ناشی از تکان، در اثر تکان های آهنگین یا نامنظم در جهت های گوناگون ایجاد می شود. جذب انرژی ارتعاش با بسامد ۳۰ تا ۳۰۰ هرتز توسط نسوج دست به پدیده سپید انگشت منجر میشود و سپید انگشت شایعترین عارضه ناشی از ارتعاش می باشد و بیشتر در انگشتان دستها دیده میشود و علت آن کم خونی موضعی انگشتان دست در اثر ارتعاش و فشار وارده از گرفتن ابزار می باشد {۲۰}.

در دستگاه ها و ابزار آلات معیوب و ناقص بخش عمده ای از انرژی بصورت صدا و ارتعاش تلف می شود که این امر موجب ضرر و زیان اقتصادی و سلامتی انسان رو دچار مخاطره می کند و ارتعاشات صنعتی اغلب بصورت استرسور عمل کرده و ممکن است باعث اثرات سوء بر سلامت کارگران از طریق سیستم اعصاب و مکانیزم های عصبی گردد {۲۱}.

ارتعاش عمومی بدن (Whole Body Vibration) به عنوان یک وسیله جدید ورزشی، اولین بار با هدف تحریک عضلات از طریق رفلکس های نخاعی طراحی شد {۲۲} و در حال حاضر از آن در زمینه های مختلف از جمله تمرینات ورزشی ورزشکاران حرفه ای {۲۳}، درمان پوکی استخوان {۲۴}، کمردرد مزمن {۲۵} و غیره استفاده می شود.

ارتعاش شدید و حرکت نوسانی فرد می تواند باعث کاهش بازده کاری گردیده و اختلال در انجام کار توسط نوسانات و ارتعاش استرس زا، خسته کننده و گاهی خطرناک است از نظر محیطی ارتعاش از طریق تأثیر بر دقت دید و دقت در کار با ابزار یا وسایل کنترل، مانع انجام یا ایجاد اختلال در کار فرد می گردد {۲۶}.

در میان روش های انتقال ارتعاش به بدن، یکی از معروف ترین روش ها که معمولاً در فرکانس های پایین تر، از اهمیت ویژه ای برخوردار است ارتعاش منتقله به تمام بدن می باشد. این نوع ارتعاش هم به صورت ایستاده و هم به صورت نشسته می تواند به بدن افراد منتقل شود {۲۷}. در خصوص مشاغلی که در معرض ارتعاش تمام بدن می باشند، می توان رانندگان وسایل نقلیه زمینی (جادهای و ریلی)، هوایی، دریایی، معدنچیان و کارگرانی که نزدیک دستگاه های مرتعش به طور نشسته و یا ایستاده کار می کنند را نام برد. از نظر بهداشت حرفه ای، ارتعاشات مکانیکی می تواند به عنوان نیرو و حرکت مداومی تلقی گردد که این نیرو از طریق اندام و گیرنده های غیر از اندام شنوایی بر انسان در حال کار، تأثیر می گذارد {۲۸}.

انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع مرتعش به بدن کارگر می تواند به ترتیب باعث اختلال در راحتی یا آسایش فرد، کاهش بازدهی در اثر خستگی ناشی از ارتعاش، کاهش سطح ایمنی و دقت و همچنین ایجاد اختلال در اعمال فیزیولوژیکی مانند افزایش ضربان قلب، مشکلات اسکلتی عضلانی، عوارض گوارشی، مشکلات دستگاه تناسلی و غیره گردد {۲۹}. همچنین رابطه مستقیم ارتعاش تمام بدن با ایجاد کمردرد به اثبات رسیده است {۳۰}. در این پژوهش، به تحلیل و کنترل ارتعاشات شغلی در یکی از پروژه های صنعتی شهرستان رفسنجان پرداخته می شود. هدف از این مطالعه، شناسایی منابع ارتعاش، اندازه گیری میزان ارتعاشات و بررسی تأثیرات آن بر سلامت کارکنان است. همچنین، راهکارهای مؤثر برای کنترل و کاهش این ارتعاشات ارائه می شود. استفاده از تکنیک های نوین ارزیابی ارتعاش و اجرای اقدامات مدیریتی و فنی می تواند به بهبود شرایط کاری و حفاظت از سلامت کارکنان کمک کند.

مواد و روش ها

این پژوهش به منظور بررسی اثرات ارتعاش در محیط های صنعتی و تأثیر آن بر سلامت کارگران در یکی از پروژه های رفسنجان با جامعه آماری ۲۰ نفر انجام شد. برای سنجش ارتعاش تمام بدن از دستگاه VB-8202 و کالیبراتور SV111 استفاده شد. شتاب مؤثر در هر نقطه به مدت یک دقیقه در سه محور اندازه گیری شد. دیسک های لاستیکی برای اندازه گیری ارتعاشات وارده به نشیمنگاه، کمر و پاها قرار دادند.

نتایج نشان داد که میزان ارتعاش در برخی از کارگران از حد مجاز شغلی بیشتر است، که این می تواند سلامت آن ها را به خطر بیندازد. برای کاهش اثرات منفی ارتعاشات، پیشنهاداتی مانند کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده ها، استفاده از عایق های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی ارائه شده است. داده های جمع آوری شده با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ تحلیل شدند.

یافته ها:

مطابق جدول شماره ۱ ارتعاش ارزیابی شده تمام بدن اپراتور بیل مکانیکی بیشتر از حد مواجهه شغلی و بیشتر از حد مراقبت { $Aeq(ET)$ برابر ۷.۰۹} می باشد و فرد مجاز است ۹ دقیقه با این میزان ارتعاش مواجهه داشته باشد و کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده، عایق های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی پیشنهاد میگردد و مطابق جدول شماره ۲ میزان ارتعاش ارزیابی شده تمام بدن راننده اتومبیلکس بیشتر از حد مواجهه شغلی و بیشتر از حد مراقبت { $Aeq(ET)$ برابر ۳.۹۱} می باشد و فرد مجاز است ۲۷ دقیقه با این میزان ارتعاش مواجهه داشته باشد و کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده، عایق های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی پیشنهاد میگردد و مطابق جدول شماره ۳ میزان ارتعاش ارزیابی شده تمام بدن اپراتور جرثقیل بیشتر از حد مواجهه شغلی و بیشتر از حد مراقبت { $Aeq(ET)$ برابر ۷.۲۶} می باشد و فرد مجاز است ۸ دقیقه با این میزان ارتعاش مواجهه داشته باشد و کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده، عایق های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی پیشنهاد میگردد و مطابق جدول شماره ۴ میزان ارتعاش ارزیابی شده تمام بدن اپراتور جرثقیل بیشتر از حد مواجهه شغلی و بیشتر از حد مراقبت { $Aeq(ET)$ برابر ۴.۰۵} می باشد و فرد مجاز است ۲۵ دقیقه با این میزان ارتعاش مواجهه داشته باشد و کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده، عایق های ارتعاش و وسایل حفاظت فردی پیشنهاد میگردد و مطابق جدول شماره ۵ میزان ارتعاش ارزیابی شده دست اپراتور بیشتر از حد استاندارد و بیشتر از حد مراقبت می باشد و میزان ارتعاش ارزیابی شده بازو اپراتور کمتر از حد استاندارد و بیشتر از حد مراقبت می باشد و کاهش زمان مواجهه، نصب میراکننده، عایق های ارتعاش و استفاده از وسایل حفاظت فردی پیشنهاد می گردد.



جدول ۱ - نتایج اندازه گیری ارتعاش تمام بدن در اپراتور بیل مکانیکی

نوع و مدل دستگاه ارتعاش سنج: VB-8202			نوع کالیبراتور: SV111			تعداد افراد در معرض: ۴ نفر				
تعداد شیفت کاری: یک شیفت(عادی کاری)			مدت زمان شیفت کاری:10h			مدت زمان مواجهه افراد:7h				
نوع ارتعاش:پیوسته										
سمت شغلی	موقعیت منبع لرزان	شتاب موثر			Aeq (ET)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	شتاب معادل ۸ ساعته(A)	حد مواجهه شغلی (m/s²)	حد مراقبت (m/s²)	وضعیت
		Z	Y	X						
اپراتور بیل مکانیکی	صندلی راننده-کابین بیل مکانیکی(حین حرکت)	2.5	3.2	3.5	7.09	7	6.63	0.92	0.46	نامطلوب
$A(8)=\sqrt{(6.63)^2}=6.63$										

جدول ۲ - نتایج اندازه گیری ارتعاش تمام بدن در راننده اتومیکسر

نوع و مدل دستگاه ارتعاش سنج: VB-8202			نوع کالیبراتور: SV111			تعداد افراد در معرض: ۷ نفر				
تعداد شیفت کاری: یک شیفت(عادی کاری)			مدت زمان شیفت کاری:10h			مدت زمان مواجهه افراد:7h				
نوع ارتعاش: پیوسته										
سمت شغلی	موقعیت منبع لرزان	شتاب موثر			Aeq (ET)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	شتاب معادل ۸ ساعته (A)	حد مواجهه شغلی (m/s ²)	حد مراقبت (m/s ²)	وضعیت
		Z	Y	X						
راننده اتومیکسر	صندلی راننده- کابین اتومیکسر(حین حرکت)	0.5	1.2	2.5	3.91	7	3.66	0.92	0.46	نامطلوب
$A(8)=\sqrt{(3.66)^2}=3.66$										



جدول ۳ - نتایج اندازه گیری ارتعاش تمام بدن در راننده لودر

تعداد افراد در معرض: ۳ نفر			نوع کالیبراتور: SV111			نوع و مدل دستگاه ارتعاش سنج: VB-8202				
مدت زمان مواجهه افراد: 7h			مدت زمان شیفت کاری: 10h			تعداد شیفت کاری: یک شیفت (عادی کاری)				
						نوع ارتعاش: پیوسته				
وضعیت	حد مراقبت (m/s ²)	حد مواجهه شغلی (m/s ²)	شتاب معادل ۸ ساعته (A)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	Aeq (ET)	شتاب موثر			موقعیت منبع لرزان	سمت شغلی
						Z	Y	X		
نامطلوب	0.46	0.92	6.67	7	7.26	2.2	2.9	4.0	صندلی راننده-کابین لودر(حین حرکت)	اپراتور لودر
$A(8) = \sqrt{(6.79)^2} = 6.79$										

جدول ۴ - نتایج اندازه گیری ارتعاش تمام بدن در راننده جرثقیل

تعداد افراد در معرض: ۳ نفر			نوع کالیبراتور: SV111			نوع و مدل دستگاه ارتعاش سنج: VB-8202				
مدت زمان مواجهه افراد: 7h			مدت زمان شیفت کاری: 10h			تعداد شیفت کاری: یک شیفت (عادی کاری)				
						نوع ارتعاش: پیوسته				
وضعیت	حد مراقبت (m/s ²)	حد مواجهه شغلی (m/s ²)	شتاب معادل ۸ ساعته (A)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	Aeq (ET)	شتاب موثر			موقعیت منبع لرزان	سمت شغلی
						Z	Y	X		
نامطلوب	0.46	0.92	3.78	7	4.05	2.5	2.0	1.1	صندلی راننده- کابین جرثقیل(حین حرکت)	اپراتور جرثقیل
$A(8) = \sqrt{(6.79)^2} = 6.79$										



جدول ۵ - نتایج اندازه گیری ارتعاش دست و بازو در اپراتور بچینگ

تعداد افراد در معرض: ۳ نفر			نوع کالیبراتور: SV111			نوع و مدل دستگاه ارتعاش سنج: VB-8202					
مدت زمان مواجهه افراد: 1h			مدت زمان شیفت کاری: 10h			تعداد شیفت کاری: یک شیفت (عادی کاری)					
						نوع ارتعاش: توام (نوبتی)					
وضعیت	حد مراقبت (m/s ²)	حد مواجهه شغلی (m/s ²)	شتاب معادل ۸ ساعته (A)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	Aeq (ET)	شتاب موثر			موقعیت منبع لرزان		سمت شغلی
						Z	Y	X			
نامطلوب	7.07	14.14	17 min	27.04	76.5	33	34	35.7	دست	چین کار با دستگاه	اپراتور بچینگ
در حد مراقبت			1h41min	10.9	30.83	13.5	13.7	14.3	بازو	پیکور	

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی در نواحی مختلف اندام فوقانی در افرادی که با ماشین آلات راهسازی کار می کنند، بالا است. اگرچه این اختلالات در بررسی های کوتاه مدت دقیقاً دیده نمی شود، اما با افزایش سابقه کار با این ماشین آلات که ارتعاش بالاتر از حد استاندارد دارند، شانس بروز این اختلالات افزایش می یابد. بنابراین، راهکارهای کنترلی مانند غربالگری های پزشکی و کنترل های مهندسی برای کاهش مواجهه افراد با ارتعاش ضروری است.

در کارگاه هایی که پرسنل با ارتعاش دست و بازو بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی کشوری قرار دارند، کارگران دارای سن و سابقه بیشتری هستند. آموزش مراقبت های بهداشتی مانند گرم نگه داشتن دست ها در فصول سرد، استفاده از دستکش ضد ارتعاش، و چرخش های کاری برای کاهش زمان مواجهه روزانه می تواند به کاهش ریسک بروز علائم مرتبط با ارتعاش دست و بازو کمک کند. علاوه بر این، معاینات پزشکی و ردیابی اثرات بهداشتی مرتبط با ارتعاش با استفاده از تست های غربالگری در این کارگاه ها ضروری است. همچنین، استفاده از دستگاه ارتعاش بدن جهت درمان پوکی استخوان و کمردرد مزمن مفید است.

از آنجایی که ارتعاش در وسایل نقلیه یک عامل مهم و کلیدی است، بایستی ارزیابی های جامع ارگونومیکی به صورت دوره ای انجام شود. آموزش رانندگان و اپراتورها برای تنظیم صحیح صندلی و مدیریت های ایمنی و بهداشت شغلی با استفاده از کنترل های مدیریتی و مهندسی بسیار مهم است.

پیشنهادهای

پیشنهادهای کنترل ارتعاش در سطح کارگاه ها:

- در نظر گرفتن کاهش ارتعاشات در مراحل طراحی و ساخت دستگاه ها به منظور کاهش مواجهه کارگران با ارتعاشات.
- به کارگیری روش های فنی برای کاهش ارتعاشات در محل تولید، مانند تنظیمات دقیق ماشین آلات.
- نصب میراکننده در محل های تماس با بدن روی دستگاه ها
- استفاده از میراکننده ها در نقاط تماس بدن با دستگاه ها برای کاهش انتقال ارتعاشات به بدن کارگران.
- استفاده از سیستم های کنترل از راه دور برای کاهش نیاز به تماس مستقیم کارگران با دستگاه های ارتعاش زا.



- کاهش زمان مواجهه کارگران با ارتعاشات از طریق چرخشی نمودن شغل و تغییر وظایف.
 - مدیریت زمان مواجهه به نحوی که کارگران کمتر در معرض ارتعاشات قرار گیرند.
 - استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند کفش، دستکش، و زیرپایی‌های ضد ارتعاش برای کاهش اثرات منفی ارتعاشات.
 - ارزیابی سلامت کارگران در معاینات قبل از استخدام.
 - پایش سلامت کارگران در معاینات دوره‌ای و تشخیص زودرس عوارض مرتبط با ارتعاش.
 - استفاده از عایق‌های ارتعاشی برای ایزولاسیون دستگاه‌ها و محیط اطراف آن‌ها. این عایق‌ها می‌توانند شامل موارد زیر باشند:
 - پایه‌های فلزی مناسب برای ایزولاسیون تجهیزات سنگین و بزرگ، با قابلیت تغییر شکل زیاد و موثر در فرکانس‌های نیروی پایین و فشارهای زیاد.
 - عایق‌های قابل ارتجاع مناسب برای ماشین‌های کوچک و تحریک‌ها یا فرکانس‌های نیروی بالا.
 - بالشتک‌های عایق‌سازی، ساده‌ترین و پرکاربردترین نوع پایه‌های ایزولاسیون که برای کاربردهای مختلف مناسب هستند.
- با اجرای این پیشنهادات، می‌توان به طور موثری ارتعاشات در محیط‌های صنعتی را کنترل کرده و سلامت کارگران را حفظ نمود.

قدردانی

نویسندگان از:

- مدیریت محترم شرکت خدمات فنی و مهندسی کانی مس
که ما را در این تحقیق یاری کردند، صمیمانه کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Griffin, M. J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press.
2. Bovenzi, M. (2006). Health effects of mechanical vibration. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 28(1), 58-64
3. International Labour Organization (ILO). (1998). Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Geneva: ILO.
4. Pope, M. H., Magnusson, M. L., & Wilder, D. G. (1991). Low back pain and whole body vibration. Clinical Orthopaedics and Related Research, (267), 241-248.
5. Gemne, G. (1997). Pathophysiology of white fingers in vibration syndrome. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 23(3), 123-134.
6. Fard, A., Hashemi, H., & Bahrani, A. (2010). Evaluation of Hand-Arm Vibration Exposure and Its Related
7. Monazzam M. Detection of the Hazardous Physical Agents Workplace (Vibration). Tehran: Nakhil Publication; 1997. 19-22. [Persian]
8. Mohammadi AH, Sharifian SA, Aminian O. Evaluation of whole body vibration Relationship with neck pain in drivers of heavy vehicles. Occupational Medicine 2010; 2(1):34-8.
9. Griffin MJ. Handbook of Human Vibration: Elsevier Science; 2012.
10. Bayat, et al. (2016). "Evaluation of exposure to hand and arm vibration and related health effects in stone quarry workers in Hamedan city." Journal of Occupational Health Engineering 3(1): 25-32.
11. Ali, Kh., et al. (2014). "Evaluation of health risk from exposure to whole-body vibration using ISO 2631-1 and BS 6841."
12. Griffin M.J. Handbook of Human Vibration. London: Academic Press. 1990.
13. Hulshof C, van Zanten BV. Whole body vibration and low back pain. A review of epidemiologic studies. International Archives of Occupational and Environmental Health. 1987;59(3):205-20
14. Wilder DG. The biomechanics of vibration and low back pain. American Journal of industrial Medicine. 1993;23(4):577-88.

15. Hagberga M, Burstromb L, Ekmana A, Vilhelmssona R. The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is confounded by lifting and posture. *J Sound Vib.* 2006 Dec; 298(3): 492-8
16. Darren M. Jouberta , Londonb L, A cross-sectional studyof back belt use and low back pain amongst forklift drivers. *Int J Ind Ergon.* 2007 June; 37(6): 505-13
17. Wikstroem BO, Kjellberg A, Landstroem U. Health effects of long-term occupational exposure to hole-body vibration: a review. *Int J Ind Ergon.* 1994 Dec; 14(4):273-287.
18. Hulshof, C. and B. Veldhuijzen van Zanten (1987). "Whole-body vibration and low-back pain: a review of epidemiologic studies." *International archives of occupational and environmental health* 59: 205-220.
19. Salmoni, A. W., et al. (2008). "Case studies in whole-body vibration assessment in the transportation industry– Challenges in the field." *International Journal of Industrial Ergonomics* 38(9-10): 783-791.
20. Perno, et al. (2020). "Metaanalysis of the prevalence of musculoskeletal disorders caused by work in Iran." *Rehabilitation Archives Quarterly* 21(2): 182-205.
21. Studying the influence of vibration exposures on digestives system of workers in a food processing company . *J Health Saf Work* 2012; 2 (3) :9-16
22. Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003;23(2):81–6.
23. Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol.* 1999;19(2):183-7.
24. Rubin C, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McLeod K. Prevention of bone loss in a postmenopausal population by low-level biomechanical intervention. *Amer. Sc. Bone Min Res:* 1998;23:1106.
25. Rittweger J, Just K, Kautzsch K, Reeg P, Felsenberg D. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and wholebody vibration exercise: a randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976).*2002;27(17):1829-34.
26. Nasiri et al. Assessment of whole body vibration in unit company drivers Bus driving in Tehran in 2017. *Environmental Science and Technology*, 12(1 (series 44)), 13-20
27. Ebrahimi H. Investigation of noise and vibration exposure of Tehran’s bus drivers. Tehran: Tehran Univesity of Medical Sciences. 2009.
28. Nasiri et al. Assessment of whole body vibration in unit company drivers Bus driving in Tehran in 2017. *Environmental Science and Technology*, 12(1 (series 44)), 13-20
29. Nawayseh N. A mathematical model of the apparent mass of the human body under fore-and-aft whole-body vibration. *International Journal of Automotive & Mechanical Engineering.* 2016;13(3): 3613-27. doi:10.15282/ijame.13.3.2016.7.0297
30. Panel on Musculoskeletal Disorders a, Workplace t, Medicine Io. Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities: National Academy Press; 2001.